

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

FAKULTA STROJNÍ

KATEDRA OBRÁBĚNÍ A MONTÁŽE



NÁVRH SPECIÁLNÍHO PŘÍPRAVKU PRO OBRÁBĚNÍ TĚLESA ŘÍZENÍ
DESIGN OF SPECIAL JIG FOR MACHINING OF DRIVING UNIT

Student:

Bc. Ondřej Vícha

Vedoucí diplomové práce:

doc. Dr.Ing. Ivan Mrkvica

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Ondřej Vícha**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Specializace: 20 Strojírenská technologie
Téma: **Návrh speciálního přípravku pro obrábění tělesa řízení**
Design of Special Jig for Machining of Driving Unit

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika řešeného problému.
2. Návrh konstrukčního a technologického řešení přípravku včetně potřebných výpočtů.
3. Zhotovení výkresové dokumentace navrženého přípravku.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] MRKVICA, M. *Přípravky a obrábecí nástroje - II. díl Přípravky*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 1988, 182 s.
[2] CHVÁLA, B.; VOTAVA, L. *Přípravky*. Praha : SNTL Praha, 1988, 214 s.
[3] NOVÁK, Z. Nové trendy ve vývoji upínacího nářadí. *MM Průmyslové spektrum*, 6/2002, s. 56-57. ISSN 1212-2572.
[4] DIETER, F. Spanntechnik und Automation wachsen zusammen. *Werkstatt und Betrieb*, 11/2007, s. 46-50. ISBN 0043-2792.
[5] NORMY, PROSPEKTY, KATALOGY.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Dr.Ing. Ivan Mrkvica**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 20.5. 2013

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 20.5. 2013.....


.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Ondřej Vicha


Adresa trvalého pobytu autora práce:

Na Vrchovině 302/8
Opava – Komárov
74770

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych zde poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. Dr.Ing. Ivanu Mrkvicovi za jeho cenné rady a čas, který mi věnoval při řešení dané problematiky. Dále bych rád poděkovat panu Ing. Jozefu Hodorovi, Ing. Pavlu Lesákovi a Ing. Petru Doležalovi za možnost vypracovat tuto práci pro firmu Brano a.s. a cenné rady při její realizaci.

Poděkování také patří celé mé rodině, přítelkyni a všem, kteří mě podporovali při zpracování této práce, ale i během celého studia.


.....
podpis

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

VÍCHA, Ondřej. *Návrh speciálního obráběcího přípravku pro obrábění tělesa řízení*. Ostrava, 2013. 50 s. Diplomová práce. VŠB - Technická Univerzita Ostrava.

Vedoucí práce: doc. Dr.Ing. Ivan Mrkvica

Diplomová práce se zabývá návrhem a tvorbou výkresové dokumentace speciálního obráběcího přípravku pro firmu BRANO a.s. Zadavatel zakázky dal požadavek na výrobu tělesa řízení s číslem výkresu 6504460101. Jedná se o výkovek z materiálu 42CrMo4 + QT o hmotnosti 3kg. Dle požadavků oddělení SBU TOOLS mají být všechny obráběcí úseky provedeny na jedno upnutí. Což je jeden z hlavních ovlivňujících hledisek pro samotný návrh přípravku. V teoretické části diplomové práce jsem se zabýval základním přehledem o přípravcích. Praktická část práce se zabývá samotným návrhem obráběcího přípravku.

ANNOTATION OF THESIS

VÍCHA, Ondřej. *Design of special jig for machining of driving unit*. Ostrava, 2013. 50 p. Master Thesis. VŠB – Technical University of Ostrava.

Thesis head: doc. Dr.Ing. Ivan Mrkvica

This thesis deals with the design and draft of a special machining jig for company BRANO a.s. Ordering authority made a request for production of controlling unit with the drawing number 6504460101. It is the product made of material 42CrMo4 + QT that weighs 3 kg. As required by department SBU TOOLS, all machining operations shall be performed in a single setup fixing. That is one of the main aspects affecting the design of the jig. The theoretical part of the thesis concerns a basic overview of the jig. The practical part deals with a design of a machining jig.

Obsah diplomové práce

Seznam použitých zkratek	8
1. Úvod	10
2. Cíl diplomové práce	11
3. Představení společnosti Brano a.s.	12
4. Přípravky pro obrábění	13
4.1 Definice a rozdělení přípravků	13
4.2 Zásady konstrukce přípravků	15
4.3 Zásady volby materiálu	16
4.4 Opěrné prvky pevné – Opěrné čepy	16
4.5 Upínací zařízení mechanické	18
5. Technologický postup	19
6. Návrh přípravku	22
6.1 Parametry ovlivňující návrh (obráběcí stroj, dělicí zařízení)	23
6.2 Materiál výkovku tělesa řízení 42CrMo4-QT	25
6.3 Ustavení a upnutí tělesa řízení v přípravku	25
6.4 Uložení přípravku na obráběcím stroji	30
6.5 Popis sestavy přípravku	32
7. Kalkulace přípravku	37
8. Výpočty řezných sil	40
9. Výpočet upínacích sil	46
10. Závěr	48
Použitá literatura	49
Seznam obrázků	50
Seznam tabulek	51
Seznam příloh	52

Seznam použitých zkratek

B	Šířka záběru	[mm]
C	ø frézy	[mm]
D	ø vrtáku	[mm]
F	Výsledná síla u soustružení	[N]
F _a	Reakce opěry	[N]
F _c	Řezná složka síly	[N]
F _d	Síla v podpěře	
F _f	Posuvová složka síly	[N]
F _o	Ovládací síla v ose šroubu	[N]
F _p	Pasivní složka síly	[N]
F _u	Upínací síla působící na obrobek	[N]
F _{u_{dl.}}	Upínací síla dlouhé upínky	[N]
F _{u_{kr.}}	Upínací síla krátké upínky	[N]
F _{vp}	Výpočetní síla	[N]
M _k	Kroutící moment	[Nm]
ap	Hloubka řezu	[mm]
c _c	Konstanta pro výpočet řezné složky síly	[-]
c _f	Konstanta pro výpočet posuvové složky síly	[-]
d	ø předvrtané díry	[mm]
f	Posuv	[mm.ot ⁻¹]
h	Výška osy vřetene dělicího zařízení	[mm]
k	Rameno upínky	[mm]
l	Rameno upínky	[mm]
m _c	Exponent pro výpočet řezné složky síly	[-]
n _c	Exponent pro výpočet řezné složky síly	[-]
p	Měrný řezný odpor	[MPa]
q ₁	Rázový součinitel	[-]
q ₂	Bezpečnostní součinitel	[-]
s	Posuv	[mm.min ⁻¹]
sz	Posuv na zub	[mm.z ⁻¹]

v_c	Řezná rychlost	$[\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$
x_c	Exponent pro výpočet řezné složky síly	$[-]$
x_f	Exponent pro výpočet posuvové složky síly	$[-]$
y_c	Exponent pro výpočet řezné složky síly	$[-]$
y_f	Exponent pro výpočet posuvové složky síly	$[-]$
μ	Koeficient tření	$[-]$
φ	Polohový úhel	$[\circ]$

1. Úvod

Strojírenský průmysl patří v České republice k jednomu z nejvýznamnějších a nejnáročnějších průmyslů vůbec. Mnoho českých firem a společností má na tuzemském i zahraničním trhu vybudovanou dlouholetou tradici. Strojírenský průmysl má důležitý význam pro národní hospodářství a to zejména růst HDP a také tvorbu pracovních míst, které ovlivňují nezaměstnanost na celém území. Strojírenství má v České republice staletou tradici.

Dá se říct, že téměř všechny výrobky a produkty dnešní moderní společnosti nesou známky strojírenského zpracování. Ať už se jedná o strojní, nebo ruční výrobu. Bez strojírenského průmyslu, by se dnešní civilizace neobešla.

Vývoj obráběcích strojů, nástrojů, nářadí a technologií jde stále dopředu. Pokrok nejde zastavit v žádném odvětví průmyslu. Vývojáři obráběcích strojů se snaží dosahovat stále větších posuvových rychlostí, otáček, používají se dokonalejší operační systémy, nástroje, systémy výměny nástrojů nebo obrobků. Dnešní víceosá obráběcí centra dokážou obrábět téměř vše a to i ze všech stran. Většina z těchto výše uvedených směrů vývoje nám přináší zkrácení výrobních časů, ale často se stává, že hlavní výrobní časy jsou kratší než časy vedlejší. Je potřeba se zaměřit i na zkrácení těchto vedlejších časů. Proto se využívají speciální obráběcí přípravky, které slouží k ustavení a upnutí součástí na obráběcím stroji. Tyto přípravky nám umožňují, snadnou a rychlou výměnu obrobku, zvýšení produktivity, přesnosti výroby a umožní vyšší využití potenciálu obráběcího stroje. V kusové výrobě se můžeme setkat i s nezbytnými přípravky, které se vyrábějí i přes to, že zdražují celou výrobu. Jinak však musí přípravek zaručovat zkrácení výrobních časů, a tím i snížení výrobních nákladů.

2. Cíl diplomové práce

Diplomová práce je zaměřena na návrh speciálního obráběcího přípravku pro firmu BRANO a.s. Zadavatel zakázky dal požadavek na výrobu obrobku s názvem Lenkerkörper v překladu těleso řízení. Jedná se o výkovek vyrobený z materiálu 42CrMo4 + QT o hmotnosti 3kg. Na tomto výkovku mají být provedeny obráběním 4 operace. Viz níže. Dle požadavků SBU TOOLS mají být všechny úkony operace provedeny na jedno upnutí. Což je jeden z hlavních ovlivňujících hledisek pro návrh obráběcího přípravku.

Stroj:

- 4 - osé frézovací centrum MCV 754 QUICK,
- dělicí přístroj.

Obráběcí úseky prováděné v přípravku:

- velká díra $\varnothing 81$ H7 + zarovnání čel,
- dvě malé díry $\varnothing 17$ s M16 + zarovnání čel.

Počet kusů ročně:

- 500ks



Obr 1.1 Model výkovku s označením obráběných ploch (červeně)

3. Představení společnosti Brano a.s.



Historie

Historie firmy Brano a.s. sahá až do roku 1862, kdy byla založena továrna na produkci drobného železářského zboží. U Zemského soudu v Opavě byla zapsána pod názvem – Branecká strojní továrna na hřebíky pánů Karla Dorasila a L. E. Czecha. Firma v minulosti procházela častými změnami majitelů a v průběhu let se mění i výrobní portfolium. V roce 1927 převzala firmu americká společnost YALE and Town Manufacturing Co. A rozjela velkovýrobu různých typu zámků, dveřních zavíračů, zvedáků a jiných pokrokových výrobků. V roce 1946 došlo k znárodnění společnosti a vznikl národní podnik Branecké železářny. Výrobní program se soustředil na zadlabávací, visací zámky, stavební kování a odlitky z šedé temperované litiny. Začátkem sedmdesátých let dochází k rozšiřování výroby o produkci pro automobilový průmysl a v roce 1972 společnost Brano zakupuje licenci automobilových bezpečnostních zámků BOROMO I a II. Roku 1988 dochází k přeměně společnosti na BRANO – Branecké železářny a strojířny, státní podnik. Na základě privatizačního projektu byla 1. Května 1992 založena BRANO a.s. se sídlem v Hradci nad Moravicí. Začíná se rodit firma, tak jak ji známe dnes. Velká část výroby se zaměřila na automobilový průmysl a ukázalo se, že to byla a je správná cesta.

Současnost

Společnost BRANO GROUP působí v mnoha regionech české republiky. Její závody a pracoviště se nacházejí v Hradci nad Moravicí, Jilemnici, Rakovníku, Jablonci nad Nisou, Olomouci, Litovli, Ostravě, Praze a dalších městech. V současné době je společnost držitelem certifikátů norem TS 16 949 a ISO 14 001.

Katalog výrobků

Tab 3.1 Katalog výrobků

Kokpitové systémy	Dveřní systémy	Užitkové vozy	Slévárna	Zvedáky a zavírače
Pedálové ústrojí	Boční dveře	Tlumiče	Automobilový průmysl	Zvedací zařízení
Páky ruční brzdy	Zadní kapota	Elektropříslušenství	Stavební průmysl	Zavírače dveří
Autozvedáky	Přední kapota	Topení		
	Zámky sedaček	Ostatní		

4. Přípravky pro obrábění

Velký rozvoj hospodářství a techniky klade vysoké požadavky na rychlost a přesnost výrobního procesu. Zrychlení a zpřesnění výrobního procesu umožňuje zvýšit produktivitu práce a výrobnost závodu, což se musí kladně projevit i ve zlepšení životní úrovně pracujících. Produktivita práce se zvyšuje zdokonalením výrobních metod, obráběcích strojů, nástrojů a ostatních výrobních prostředků. [1]

Technický pokrok v oblasti obrábění také závisí na zkrácení nebo úplném eliminování časových ztrát v jednotlivých operacích. A to zejména při operacích opakujících se v krátkých nebo dlouhotrvajících intervalech. Obzvlášť důležité je zkracovat vedlejší čas v případech, kdy je hlavní čas v poměru s vedlejším časem nepoměrně kratší. V tomto případě by zvyšování řezné rychlosti ani jiné úpravy řezných parametrů neměly žádný význam. Produktivita práce by byla stále stejná. To je taky jeden z velkých důvodů, proč se snažíme dosáhnout co největší účelné mechanizace všech vedlejších pracovních operací. Jedním z prostředků, které nám dokážou zkrátit vedlejší časy, jsou právě přípravky.

4.1 Definice a rozdělení přípravků

Ať se jedná o rukodělnou, kusovou, sériovou nebo hromadnou výrobu, ani jeden výrobní proces se neobejde bez využití přípravků.

Obráběný předmět musí být na stroji upnut tak, aby zachovával neustále vzhledem k nástroji správnou polohu, která se nesmí při práci působením řezných sil měnit. Podobně musí být předmět upnut i při ručním obrábění. Nejjednoduššími upínacími pomůckami jsou ruční a strojní svěráky. Avšak nejen při obrábění součástí, ale i při jejich sestavování je často nutno součásti přidržet ve správné vzájemné poloze, než budou definitivně spojeny. Dále je někdy zapotřebí, aby přípravek vedl nástroj, pokud vedení nástroje není součástí obráběcího stroje. Například na běžném soustruhu je třeba soustružit kulovou plochu. Pak se nástroj vede zvláštním přídatným zařízením namontovaným na stroji, které se rovněž může zařadit mezi přípravky. Jiný příklad vedení nástroje jsou vodící pouzdra, která vedou vrták při vrtání. [1]

Přípravek se dá definovat jako pomocné zařízení určené pro:

- jednoznačné ustavení a pevné uchycení součásti při obrábění,
- vzájemné přidržení komponentu při jejich sestavování v celek,
- vedení nástroje.

Přípravky můžeme rozdělit do těchto skupin.

Podle operačních znaků:

- strojní přípravky,
- kontrolní přípravky,
- montážní přípravky,
- přípravky pro upevňování nástrojů,
- podávací přípravky.

Podle stupně specializace:

- Univerzální přípravky:
 - Jsou to obvykle příslušenství strojů a používají se v malosériové a kusové výrobě.
- Speciální přípravky:
 - Svou konstrukcí jsou přizpůsobené pro určitý obrobek, nástroj nebo operaci. Přípravky tohoto typu se používají pro výrobu s vyšší sériovostí.
- Skupinové přípravky:
 - Jsou konstruovány pro jednu operaci vykonávanou současně na skupině obrobků.
- Stavebnicové přípravky (modulární)

Podle funkce elementů:

- ustavovací,
- upínací,
- s ručním upínáním,
- s mechanickým upínáním,
- pomocné a jiné.

4.2 Zásady konstrukce přípravků

Při konstrukci přípravku stojíme před úkolem předem určit pro danou operaci do všech podrobností a nápaditě navrhnout neexistující přípravek, a graficky ho znázornit. [2]

Zadání konstrukce speciálního obráběcího přípravku musí obsahovat všechny informace o obrobku: výrobní výkres, výrobní postup, objem výroby včetně jeho budoucího vývoje. Tyto podklady nám umožní dokonalou představu o obrobku i o všech důležitých parametrech ovlivňující samotný návrh přípravku. (které plochy se budou obrábět, na jakém stroji, za jakých podmínek, jakým nástrojem, pohyby obrobku a nástroje...)

Při vlastní konstrukci musíme dodržet tyto zásady: [3]

- 1) Před vlastním návrhem je třeba ujasnit pracovní postup výroby dané součásti.
- 2) Při upnutí v první operaci a po obrobení se musí získat plocha pro upnutí a ustavení v další operaci.
- 3) Při návrhu přípravku je nutno zvážit možnost jeho použití pro více operací.
- 4) Obráběná plocha musí ležet co nejbližší upínací.
- 5) Přípravek musí být dostatečně tuhý.
- 6) Poloha v přípravku musí být zajištěna pevnými dorazy.
- 7) Řezný odpor by měl, pokud je to možné, působit proti pevným dorazům.
- 8) Obsluha má být jednoduchá, snadná, s malou silou, nenáročná a rychlá.
- 9) Smysl pohybu upínacích prvků má být jednoduchý.
- 10) Ovládací prvky nesmí překážet pohybu nástroje a odcházejícím třískám.
- 11) Při manipulaci s přípravkem nesmí tento přesáhnout 15kg. Při přemísťování těžších přípravků musí být tyto opatřeny závěsnými oky, apod.
- 12) Při konstrukci je nutno dbát na odtok řezné kapaliny, odvod třísek, snadný přístup k ustavovacím plochám při jejich čistění.
- 13) Opotřebovávané plochy musí být tvrdé a vyměnitelné.
- 14) Přípravky upínané na vřeteno stroje musí být vyvážené a lehké, aby nezvyšovaly setrvačnou hmotnost.

- 15) Hrany, se kterými přichází do styku dělník, musí být sraženy a zaobleny proti zranění.
- 16) Při konstrukci je nutno brát zřetel i na vzhled přípravku.
- 17) Vkládací prostor pro součást musí být umístěn tak, aby byl dostatečně vzdálen od nebezpečných částí stroje.
- 18) Při konstrukci je třeba použít co nejvíce normalizovaných součástí, nebo již dříve použitých a vyrobených prvků přípravku.
- 19) Konstrukce přípravku nesmí umožnit vložení a upnutí obrobku obráceně.
- 20) Pokud to je možné je potřeba řešit přípravek stavebnicově.
- 21) Pokud to je možné použijeme přípravek univerzálního, který upravíme.

4.3 Zásady volby materiálu

Zvolený materiál musí vyhovovat všem požadavkům, které jsou kladeny na daný přípravek (dostatečná pevnost, tuhost, přesnost, odolnost proti opotřebení, apod.). [3]

Při volbě materiálu se bere ohled na tyto hlediska:

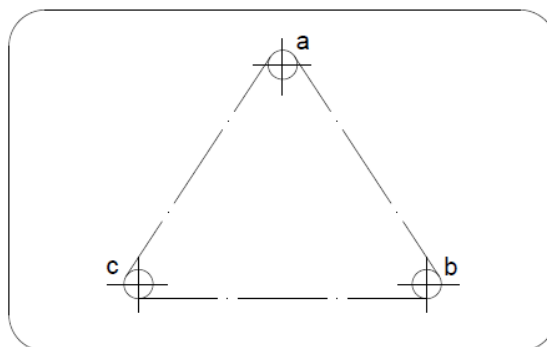
- namáhání, opotřebení, tvar a funkci daného přípravku a jeho částí,
- nejmenší stupeň obrobení jednotlivých součástí přípravku,
- počet vyráběných přípravků,
- pracovní prostředí, ve kterém bude přípravek pracovat,
- požadovanou přesnost obrobku a tím i přípravku,
- cenu a dostupnost materiálu, normalizovaných částí a výrobní možnosti nářadovny,
- hmotnost přípravku.

4.4 Opěrné prvky pevné – Opěrné čepy

Opěrné prvky pevné nám jednoznačně určují opření obrobku v přípravku a udávají jeho polohu k nástroji. Přesnost polohy je hlavní požadavek, který na ně klademe. Plochy opěrných prvků, na něž dosedá obrobek, musí být dostatečně tvrdé a otěruvzdorné, aby jejich odolnost proti opotřebení byla co největší. Menší rozměry se vyrábějí z nástrojové oceli uhlíkové a kalí se na 60 – 62 HRC, větší rozměry se vyrábějí z cementační oceli,

cementují se a kalí na HRC 58 – 62. Opěrné prvky by měly být pokud možno malých rozměrů a měly by se jednoduše udržovat v čistotě. Aby byl obrobek dostatečně stabilní, musí být vzdálenost opěrných ploch vzhledem k rozměrům a tuhosti co největší.

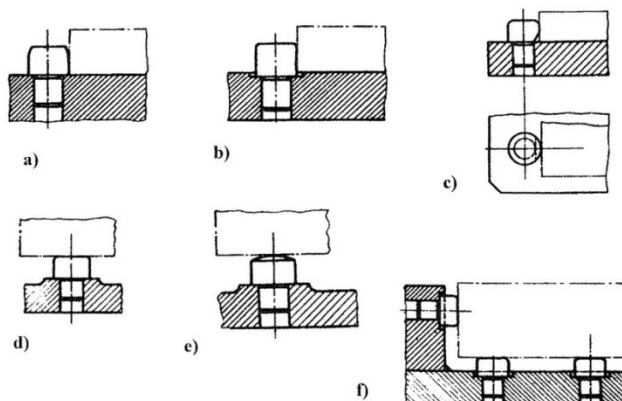
Výsledná řezná síla působící na obrobek by měla být zachycena pevnými opěrami tak, aby se neporušila stabilita upnutého obrobku a měla by procházet ohraničeným prostorem a, b, c viz obrázek (obr 4.1.)



Obr 4.1 Opěrnými body vymezený prostor

Opěrné čepy

Čepy patří mezi nejjednodušší opěrné prvky. Pro opření ploch již opracovaných, využíváme čepu s rovnou hlavou a pro plochy neobrobené, čepy s kulovou plochou. Čepy s kulovou plochou by se neměly používat pro povrchy již opracované, neboť hrozí zanechání stop vlivem otláčení. Pro povrchy hrubé a neopracované (odlitky), můžeme použít i podpěry rýhované. Čepy se do tělesa přípravku buď zalisují, nebo podle toho, zda jsou opatřeny závitem, se našroubují. Šroubované podpěry musí být opatřeny ploškami pro klíč.



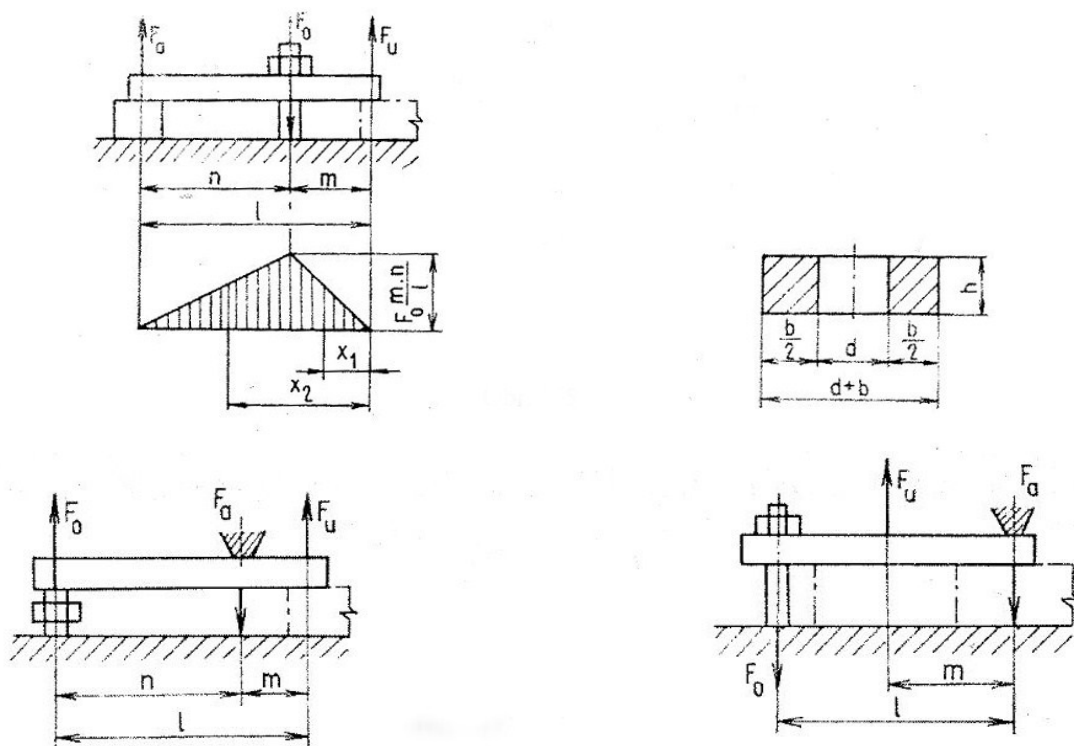
Obr 4.2 opěrky pevné a), b), c) opěrné čepy pro boční ustavení (pro malé síly), d) čep s rovnou ploškou, e) čep s kulovou ploškou, f) příklad použití opěrných čepů pevných [3]

4.5 Upínací zařízení mechanické

Upínáním, máme na mysli vytváření dvoustranných vazeb polohovaného obrobku a to přiložením sil působících proti polohovacím prvkům. [4]

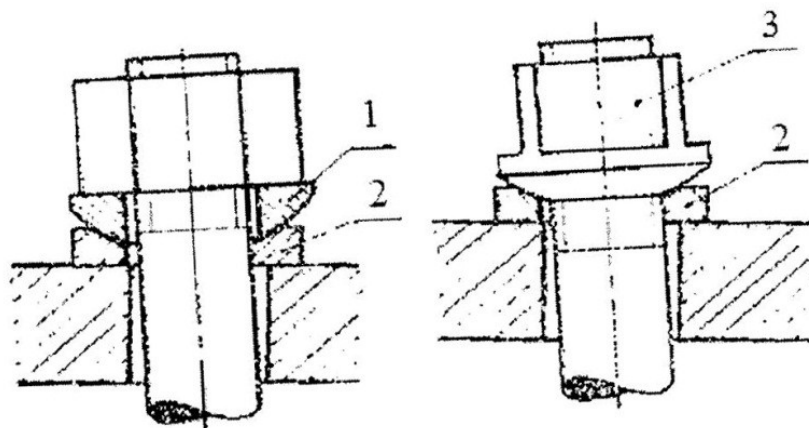
Upínky jsou vlastně dvouramenné páky, kterých se používá k upínání obráběného předmětu, a to buď samostatně, nebo jako součást přípravku. Upínkou lze změnit velikost i směr upínací síly. Umožní často přenést upínací sílu do nejvýhodnějšího místa, čehož by se jiným způsobem velmi obtížně dosáhlo. Upínkami lze i upínací sílu rozdělit a zároveň i usnadnit vkládání a vyjímání obrobku. Různá uspořádání upnutí můžeme vidět na obrázku níže.

Kde: F_a ... značí reakci opěry, F_o ... ovládací sílu v ose šroubu a F_u ... upínací sílu působící na obrobek.



Obr 4.3 Různá uspořádání upnutí [1]

Při upínání šroub musí dosednout na upínku a nesmí se deformovat viz obr. 4.4, tj. musí být umožněno naklápění kuželovou podložkou 2 a kulovou podložkou 1 nebo kulovým nákrůžkem matice 3.



Obr 4.4 Varianty upínacích prvků [4]



5. Technologický postup



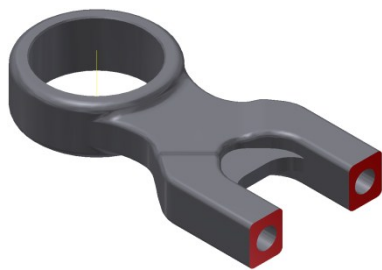

Před samotným návrhem obráběcího přípravku je důležité si přesně vyjasnit celý technologický postup vyrábění součásti, který zachycuje sled jednotlivých kvantitativních nebo kvalitativních změn za sebou seřazených. Je výhodné uspořádat operace tak, aby bylo možné opracovat více úkonů na jedno upnutí, v našem případě je to dokonce podmínkou. Celý technologický postup je rozdělen do 7 po sobě jdoucích úseků, které nalezneme na následujících stránkách v tab 5.1.



U každého úseku jsou uvedeny:

- číslo úseku,
- parametry obrábění,
- informace o stroji, nástroji a měřidlu,
- stručný popis daného úseku s grafickým znázorněním.

Tab. 5.1 Technologický postup

TECHNOLOGICKÝ POSTUP								
sestava			č. sestavy		č. výkresu 6504460101		Lis tů	list
							1	1
Výrobek Těleso řízení					série	K/výr	Počet kusů 500/rok	
pos.	ks	hmotnost	Rozměr polotovaru - ČSN		materiál		a Kč	cena Kč
	1	3 kg	Výkovek Lenkerkörper		42CrMo4 + QT			
<div></div>								
Úsek	Praco viště	Popis práce			Stroj nástroj měřidlo		Poznámka	
1	SBU ZZ	<div>Zarovnat čelo.</div> <div></div>			MCV 754 Čelní fréza 80A08R- S45HN09C-C Posuvné měřítko		v _c =180 m.min ⁻¹ f _z =0,15 mm.z ⁻¹	

2	SBU ZZ	<p>Otočit o 180° a zarovnat čelo na rozměr $40 \pm 0,3 \text{ mm}$.</p> 	<p>MCV 754</p> <p>Čelní fréza 80A08R- S45HN09C-C</p> <p>Posuvné měřítko</p>	<p>$v_c = 180 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$</p> <p>$f_z = 0,15 \text{ mm} \cdot \text{z}^{-1}$</p>
3	SBU ZZ	<p>Frézovat velkou díru $\varnothing 81 \text{ H7}$.</p> 	<p>MCV 754</p> <p>Přesná vyvrtávací hlava Typ 205bh</p> <p>kalibr</p>	<p>$v_c = 100 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$</p> <p>$s = 0,08 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$</p> <p>$a_p = 0,05 - 0,5 \text{ mm}$</p>
4	SBU ZZ	<p>Otočit o 90° a zarovnat čelo na délku $185 \pm 0,3 \text{ mm}$ (vzdálenost čela do osy velké díry).</p> 	<p>MCV 754</p> <p>Čelní fréza 80A08R- S45HN09C-C</p> <p>Posuvné měřítko</p>	<p>$v_c = 180 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$</p> <p>$f_z = 0,15 \text{ mm} \cdot \text{z}^{-1}$</p>
5	SBU ZZ	<p>Vrtat díry $\varnothing 14 \text{ mm}$ do hloubky 72 mm.</p> 	<p>MCV 754</p> <p>Vrták $\varnothing 14 \text{ mm}$ Typ 305DA</p> <p>Posuvné měřítko</p>	<p>$V_c = 70 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$</p> <p>$f = 0,2 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$</p>

6	SBU ZZ	Vrtat díry $\varnothing 17$ mm do hloubky 36 mm. 	MCV 754 Vrták $\varnothing 17$ mm Typ 305DA Posuvné měřítko	$V_c = 70 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ $f = 0,25 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$
7	SBU ZZ	Řezat závit M16 do hloubky 62mm. 	MCV 754 Závitník M16 Posuvné měřítko	

6. Návrh přípravku

V této kapitole se budu zabývat vlastním návrhem speciálního obráběcího přípravku pro obrábění tělesa řízení. Viz kapitola 2 Cíl diplomové práce. Nejprve se zaměřím na parametry ovlivňující samotný návrh přípravku. Jedná se zejména o obráběcí stroj, v našem případě MCV 754 QUICK, což je 4 - osé frézovací centrum a dělicí zařízení. V dalších částech se budu zabývat ustavením obrobku a jeho následným upnutím pomocí systému upínek. Poté se důkladněji podívám na uložení přípravku na obráběcím stroji a jako poslední si uděláme přehled všech komponentů použitých při návrhu speciálního obráběcího přípravku.

6.1 Parametry ovlivňující návrh (obráběcí stroj, dělicí zařízení)

Obráběcí stroj MCV 754 QUICK

Již ze zadání vyplývá (příloha B), že navrhovaný přípravek má být použit na 4 - osém frézovacím centru firmy Kovosvit MAS. K obrábění budeme využívat vertikální obráběcí centrum s rámem typu C a to stroj MCV 754 QUICK.

Charakteristika stroje:

Charakteristikou tohoto stroje je jeho velká tuhost konstrukce a také se vyznačuje lineárním i valivým vedením os X, Y, Z. Toto vedení zaručuje dlouhodobě vysokou pracovní přesnost. Vyniká svou kvalitou, výbornou spolehlivostí, výkoností a přesností. Tyto stroje jsou vhodné zejména tam, kde se jedná o:

- komplexní obrábění většiny plochých a součástí skříňovitých tvarů z kovových i nekovových materiálů v kusové a sériové výrobě
- přesnou výrobu forem a tvarově složitých součástí v nástrojárnách

Základní parametry stroje:

Stůl

Upínací plocha stolu	1000x500 mm
Max. zatížení stolu	400 kg

Pracovní rozsah

X – osa	754 mm
Y – osa	500 mm
Z – osa	550 mm

Vřeteno

Výkon motoru Siemens	13 kW
Max. otáčky vřetena	10000 ot/min
Kuželová dutina vřetena	ISO 40

Zásobník nástrojů

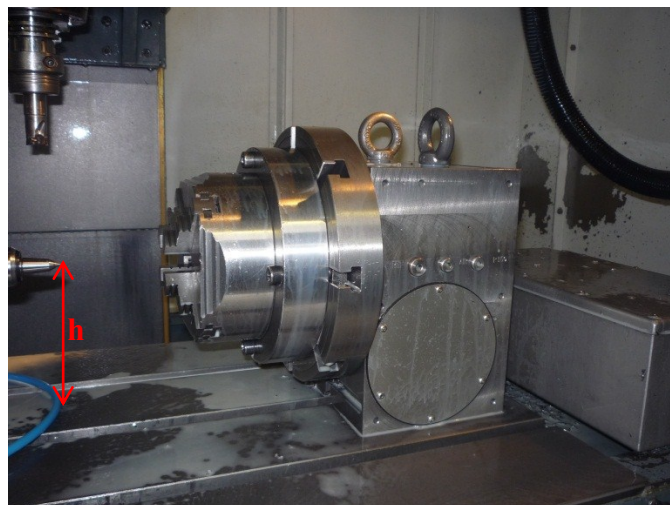
Počet míst	24
------------	----



Obr. 6.1 Obráběcí stroj MCV 754 QUICK [5]

Dělicí zařízení:

Abychom byli schopni výkovek tělesa řízení opracovat na jedno upnutí viz zadání přípravku, je potřeba využít dělicího zařízení. S jeho použitím budeme schopni otáčet přípravek o 360° a nastavit si ho do požadované polohy. Tímto zajistíme požadované natočení obrobku při všech úsecích obrábění a vyhneme se dlouhým vedlejším časům při opakovaném upínání obrobku. Dělicí zařízení bude umístěno na 4 - osém frézovacím centru MCV 754 QUICK. Viz obr. 6.2. Dělicí zařízení má jeden parametr, který nám výrazně ovlivňuje samotný návrh přípravku, a to je výška osy vřetene od pracovního stolu. V našem případě je tato výška $h = 160 \text{ mm}$. Při otáčení nesmí být tato hodnota žádnou částí přípravku překročena, jinak by došlo ke kolizi s obráběcím stolem.



Obr 6.2 Dělicí zařízení s označením výšky osy

6.2 Materiál výkovku tělesa řízení 42CrMo4-QT

Z výkresu výkovku tělesa řízení můžeme vyčíst, že materiál použitý na tento výkovek je 42CrMo4-QT neboli (1.7225). Jedná se o nízkolegovanou ušlechtilou chrom-niklovou ocel k zušlechťování s vyšší prokalitelností. Po zakalení dosahuje tvrdosti přibližně 56 - 64 HRC. Tato ocel má vynikající odolnost proti korozi.

Chemické složení oceli:

Tab. 6.1 Chemické složení oceli

Chemické složení	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
42CrMo4 QT	0,38	Max.	0,60	Max.	Max.	0,90	0,15
	0,45	0,40	0,90	0,035	0,03	1,20	0,30

Tváření za tepla: Doporučené rozmezí teplot je 1100 – 850 °C.

Obrobitelnost: Obrábí se ve stavu žíhaném na měkko. Při menších pevnostech můžeme obrábět i ve stavu zušlechtěném.



Obr 6.3 Ocel 42CrMo4-QT [6]

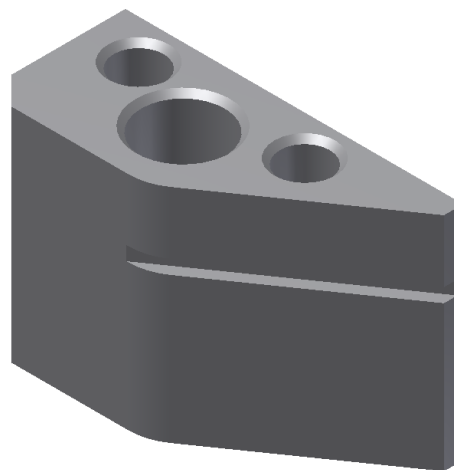
6.3 Ustavení a upnutí tělesa řízení v přípravku

Z důvodu omezujících podmínek, které vyplývají ze zadání a to, že obrobek musí být opracován na jedno upnutí, se nám množství variant návrhů obráběcího přípravku zásadně snížilo. Navržený přípravek musí být uložen v dělicím zařízení, které nám umožní libovolně natáčet s přípravkem a tím dostat obrobek do požadované polohy. Toto omezení nám výrazně ovlivňuje celý návrh.

Všechna tělesa v prostoru i náš výkovek tělesa řízení má 6 stupňů volnosti. V kartézském souřadném systému se jedná o 3 posuvy ve směru os x , y , z a 3 pootočení kolem nich. Šesti stupňům volnosti musí i odpovídat množství podpěrných prvků, které nám zajistí přesné a opakovatelné ustavení součásti v přípravku. V našem případě je obrobek uložen na třech pevných opěrných čepích. Viz obrázek 6.4 jedná se o opěrné čepy firmy Halder pro obrobky s neopracovaným povrchem. Z důvodu vyšší drsnosti povrchu výkovku volím variantu rýhovanou. Čepy jsou osazeny rýhovanou ploškou z tvrdokovu. Tyto opěry jsou umístěny do trojúhelníku co nejdále od sebe, aby výsledná řezná síla nástroje na obrobek byla pohlcována co nejvíce pevnými podpěrami a neporušily stabilitu upnutého obrobku. Jako další ustavovací prvek využívám dva tvarové segmenty přesně daného tvaru viz obr 6.5. Tento tvar (dosedací plocha) vychází z tvaru výkovku. Dosedací plocha těchto dorazů je dále osazena drážkou, která je umístěna v úrovni dělicí roviny výkovku a to z důvodu, aby nedošlo vlivem zbytkového materiálu v této rovině k nepřesnostem upnutí. Po dotlačení obrobku k dosedacím plochám, dosáhneme odstranění všech stupňů volnosti. Těleso je tímto jednoznačně ustaveno.

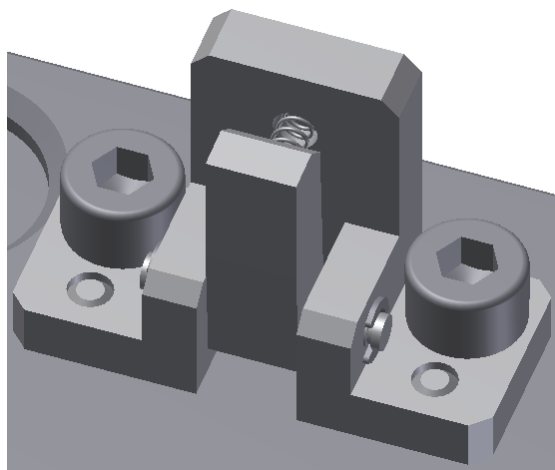


Obr. 6.4 Rýhovaná podpěra [7]



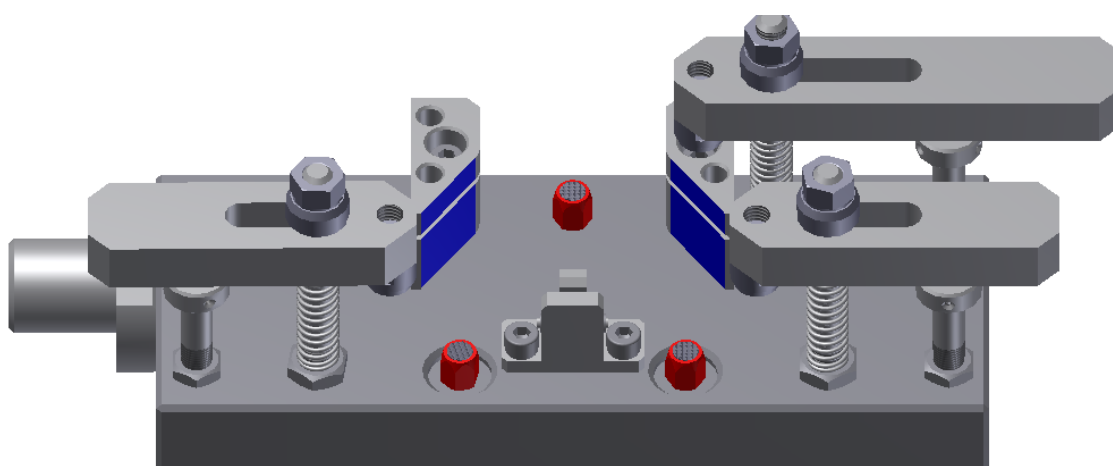
Obr. 6.5 Ustavovací tvarový segment

Pro lepší manipulaci s obrobkem před upnutím je přípravek osazen zařízením, které nám dotlačuje silou vyvolanou působením pružiny obrobek na dosedací plochy viz obr. 6.6. Tímto dotlačením máme zajištěno, že po ustavení obrobku nebo uvolnění upínání, nehrozí posunutí součásti ani její vypadnutí z obráběcího přípravku.



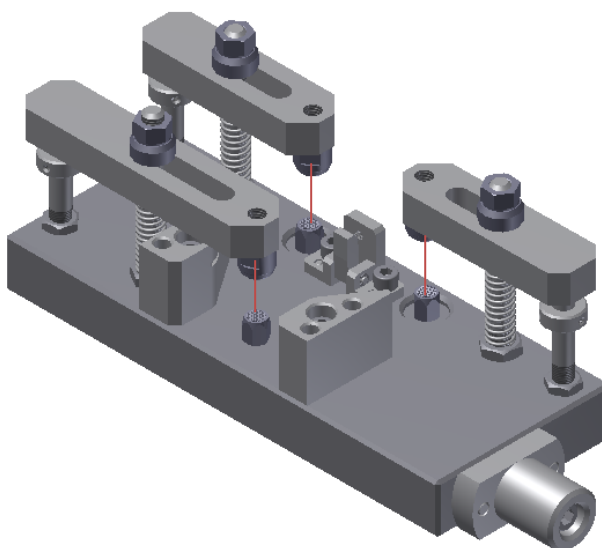
Obr. 6.6 zařízení pro dotlačení obrobku

Na obrázku 6.7 můžeme vidět umístění všech dosedacích ploch na obráběcím přípravku. Červeně máme vyznačeny tři pevné opěrné čepy firmy Halder viz výše. Modrou barvou jsou zvýrazněny dosedací plochy ustavovacích prvků, na které je obrobek dotlačen a tím dojde k odstranění všech stupňů volnosti. Následně může dojít k bezpečnému a pevnému upnutí.



Obr. 6.7 Přípravek se zvýrazněnými dosedacími plochami

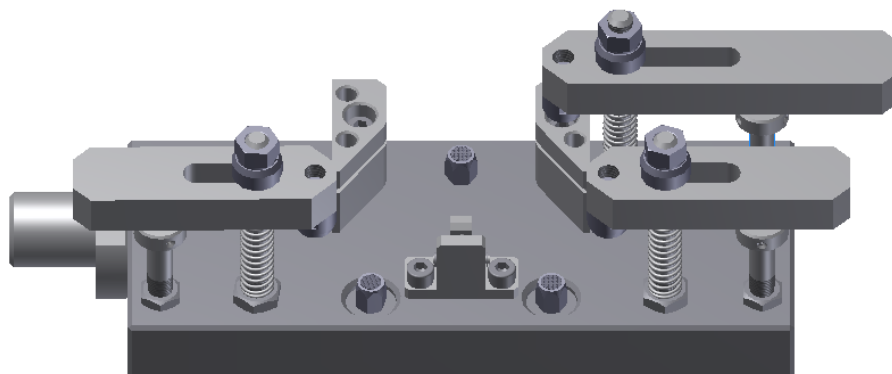
Pro upnutí tělesa řízení v přípravku jsem využil tři upínek působících proti pevným opěrným čepům, viz obr. 6.8 vyznačeno červeně. Všechny tři upínky jsou osazeny výkyvnými opěrkami s rýhováním obr. 6.9 jako u opěrných čepů pevných. Výkyvné opěrky nám umožní správné dosednutí na obrobek, a tím zajistí stabilní a pevné upnutí. Pro dosažení správného dosednutí šroubu na upínku využiji výkyvnou šestihrannou matici, která nám případnou výchylku upínacího zařízení vyrovná. Další nastavení je možno provést pomocí stavěcího šroubu M12x1,25. Díky němuž můžeme jemně nastavovat výšku podpěry, a tím ji dostat do požadované polohy. Po nastavení je nutno zajistit maticí. Aby nám upínka po uvolnění nepadala, je podepřena pružinou, která nám zajišťuje polohu upínky ve volném stavu. Při vyjímání a vkládání obrobku do přípravku nám upínací zařízení dává dostatečný prostor pro veškerou manipulaci s obrobkem. Na obrázku 6.10 až 6.12 můžeme vidět přípravek před usazením, po usazení obrobku do přípravku a po následném upnutí.



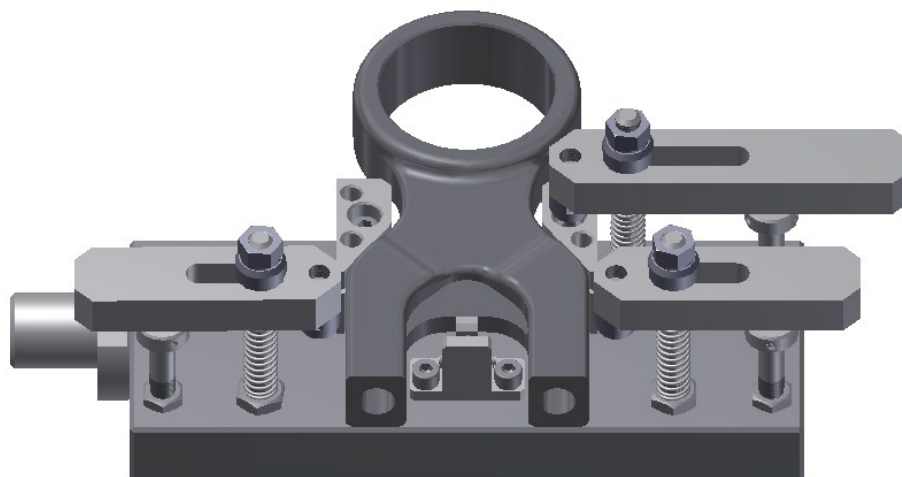
Obr 6.8 Působení upínek vůči opěrným čepům



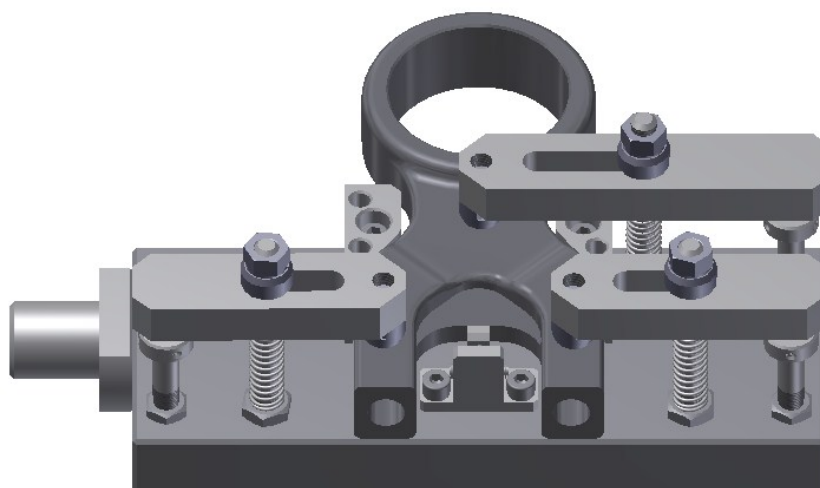
Obr. 6.9 Opěrka výkyvná rýhovaná [7]

Přípravek před usazením:

Obr. 6.10 Přípravek před usazením obrobku

Přípravek po usazení obrobku:

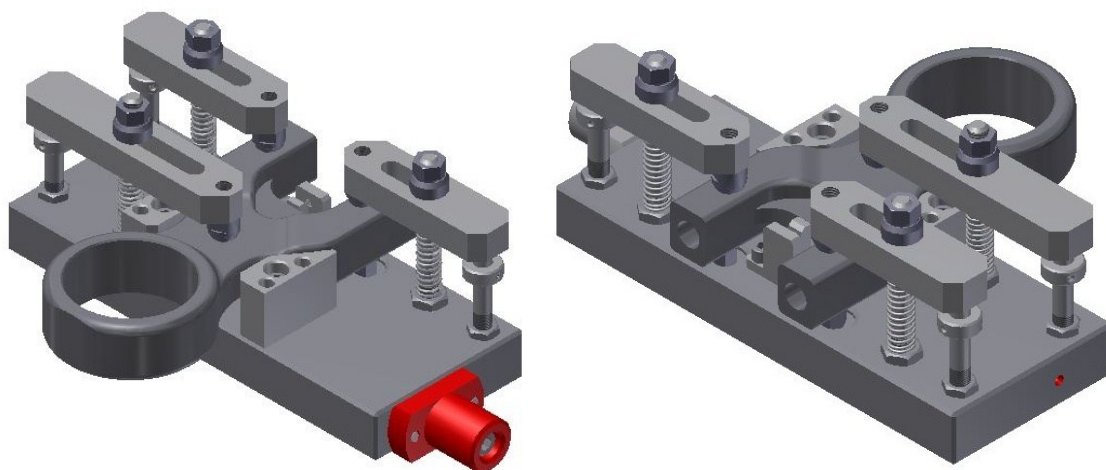
Obr. 6.11 Přípravek po usazení obrobku

Přípravek po upnutí obrobku:

Obr. 6.12 Přípravek po upnutí obrobku

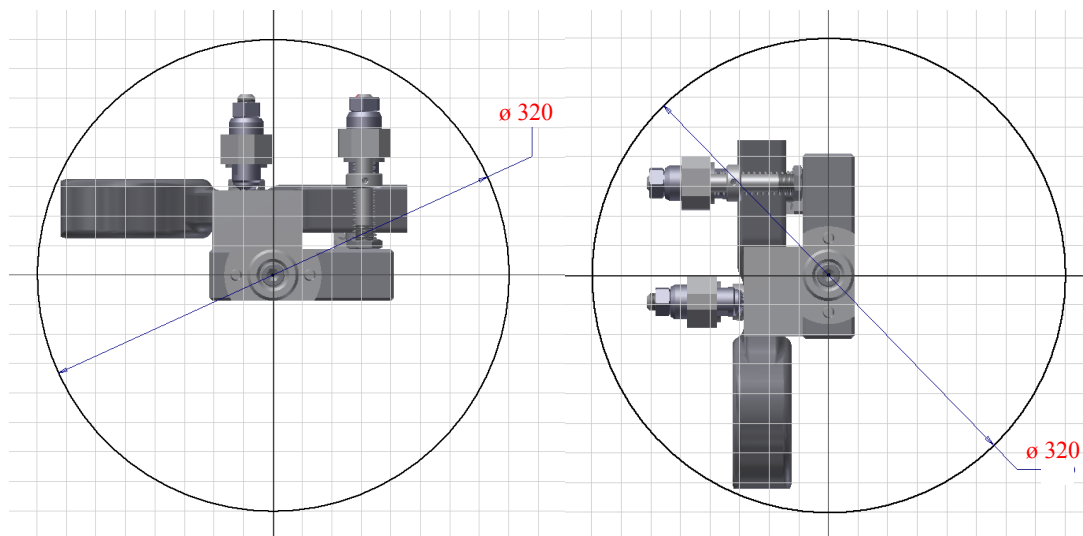
6.4 Uložení přípravku na obráběcím stroji

Přípravek, stroj a nástroj musí při obrábění tvořit společnou soustavu, která musí být během procesu stabilní a nesmí se měnit. V našem případě dle stanovených podmínek vycházejících ze zadání, což je nutnost opracování obrobku na jedno upnutí. Z toho mi vychází jako jediná a rozumná varianta použití dělicího zařízení. S jeho využitím mám možnost otáčet s přípravkem až o 360° a tím dostat obrobek do požadované polohy vůči obráběcímu nástroji. Veškeré technologické operace obrábění budou probíhat na obráběcím stroji MCV 754 QUICK. firmy Kovosvit MAS. Více viz kapitola 6.1 Parametry ovlivňující návrh (obráběcí stroj, dělicí zařízení). Přípravek bude uchycen v dělicím zařízení za čep pro upnutí, viz obr. 6.13 vyznačeno červeně a podepřen koníkem umístěným do středícího důlku.



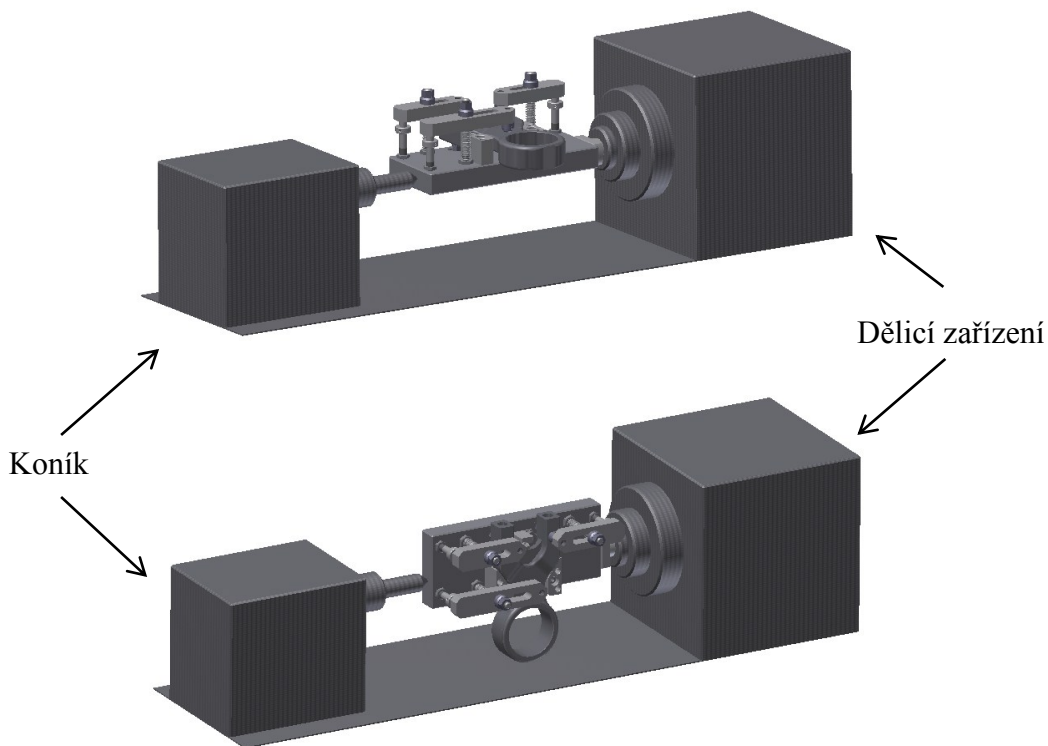
Obr. 6.13 Zvýraznění upínacích prvků

Aby bylo možno přípravkem v dělicím zařízení otáčet dle požadavků výroby, nesmí žádná součást přípravku ani obrobek přesahovat kritickou mez 160 mm od osy přípravku (dělicího zařízení). Na obrázku 6.14 můžeme vidět kružnici o průměru 320 mm umístěnou v ose přípravku, která nám vymezuje bezpečný prostor pro manipulaci. Při otáčení nesmí dojít ke kontaktu přípravku s obráběcím stolem. Tato kritická hranice nebyla nikde překročena viz obrázek 6.14, z toho vyplývá, že se přípravek může volně otáčet bez toho, aby došlo ke kolizi přípravku, případně obrobku s upínacím stolem obráběcího stroje.



Obr 6.14 Vymezení prostoru pro otáčení přípravku

Na obrázku 6.15 vidíme schématické znázornění upnutí přípravku na obráběcím stroji s využitím dělicího zařízení a koníku ve dvou polohách. V pravé části vidíme dělicí zařízení, které nám upíná přípravek za upínací čep $\varnothing 35\text{mm}$ a na levé straně je přípravek opatřen středícím důlkem do kterého je umístěn hrot koníku a tím je přípravek podpírán.



Obr. 6.15 Schématické znázornění upnutí přípravku v dělicím zařízení

6.5 Popis sestavy přípravku

Kompletní výkres sestavy přípravku číslo vic139-0 nalezneme buď v tištěných přílohách nebo na přiloženém CD ve formátu PDF. V této kapitole si rozebereme jednotlivé konstrukční prvky, z kterých se náš speciální obráběcí přípravek skládá.

Těleso přípravku je konstrukční element, který spojuje jednotlivé části přípravku do jednoho celku. Proto konstrukce tělesa musí splnit následující požadavky:

- dostatečná tuhost,
- vysoká přesnost,
- jednoduchá a levná výroba.

Celá sestava přípravku se skládá z mnoha komponentů. Tyto komponenty si pro přehlednost rozdělíme do 4 skupin a to jak zde, tak i na výkrese sestavy přípravku.


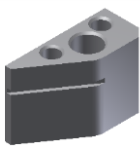
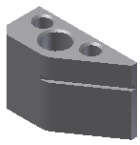



- vyráběné součásti hranatých tvarů,
- vyráběné součásti rotačních tvarů,
- normalizované díly (šrouby, kolíky, matice),
- díly nakupované.

Základní prvek celého přípravku je základová deska. Do této desky jsou vyfrézovány drážky pro uložení pevných opěrných čepů, vyvrtány díry se závity M12 pro šrouby upínek, díry s jemným stoupáním M12x1,25 pro jemné nastavení upínek podpěrnými šrouby, díry pro šrouby a kolíky pro upevnění dorazu 1, 2, přidržovače a čepu do sklíčidla. Základová deska je nositelem všech součástí sestavy, a proto musí mít dostatečnou tuhost a pevnost. Dále je osazena třemi pevnými opěrnými čepy, na které se usazuje obrobek a následně dotlačuje k dorazům 1 a 2. Tyto dorazy jsou usazeny na dvou kolících $\varnothing 8 \times 30 \text{ mm}$ a zajištěny šroubem. Proti těmto pevným opěrným čepům působí tři upínky, které nám dotlačují obrobek a zajišťují pevné a přesné upnutí. Upínky jsou osazeny rýhovanými výkyvnými opěrami pro lepší dosednutí k obrobku. Podpěru upínky tvoří podpěrný šroub s jemným stoupáním, který můžeme pomoci rýhovaného prstence jemně nastavovat do požadované polohy. Tuto polohu je nutné zajistit maticí. Celá upínka je dotahována pomocí šroubu upínky M12 a výkyvné matice, která nám zajišťuje správné dosednutí matice na upínku a zabraňuje deformaci šroubu. Pro lepší manipulaci s obrobkem je upínka podepřena

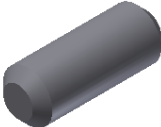








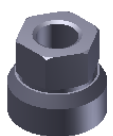
pružinou, která ji drží v požadované poloze. Pro dotlačení obrobku před samotným upnutím, nebo přidržení po uvolnění upínek nám slouží přidržovač. Tento přidržovač se skládá ze základny, přidržovače, čepu zajištěného pojistnými kroužky a pružiny, která nám dotlačuje přidržovač k obrobku. Poloha přidržovače je zajištěna pomocí dvou kolíků a šrouby M8x16mm. Abychom mohli celý přípravek upnout do dělicího zařízení, je v ose otáčení přípravku umístěn čep do sklíčidla. Tento čep je opět zajištěn dvěma kolíky $\varnothing 8 \times 30 \text{ mm}$ a šroubem M10x55mm. Pro otáčení v dělicím zařízení je také nutný středící důlek, který nám umožní podepření přípravku koníkem. Tento středící důlek se nachází v ose otáčení přípravku stejně jako čep do sklíčidla.

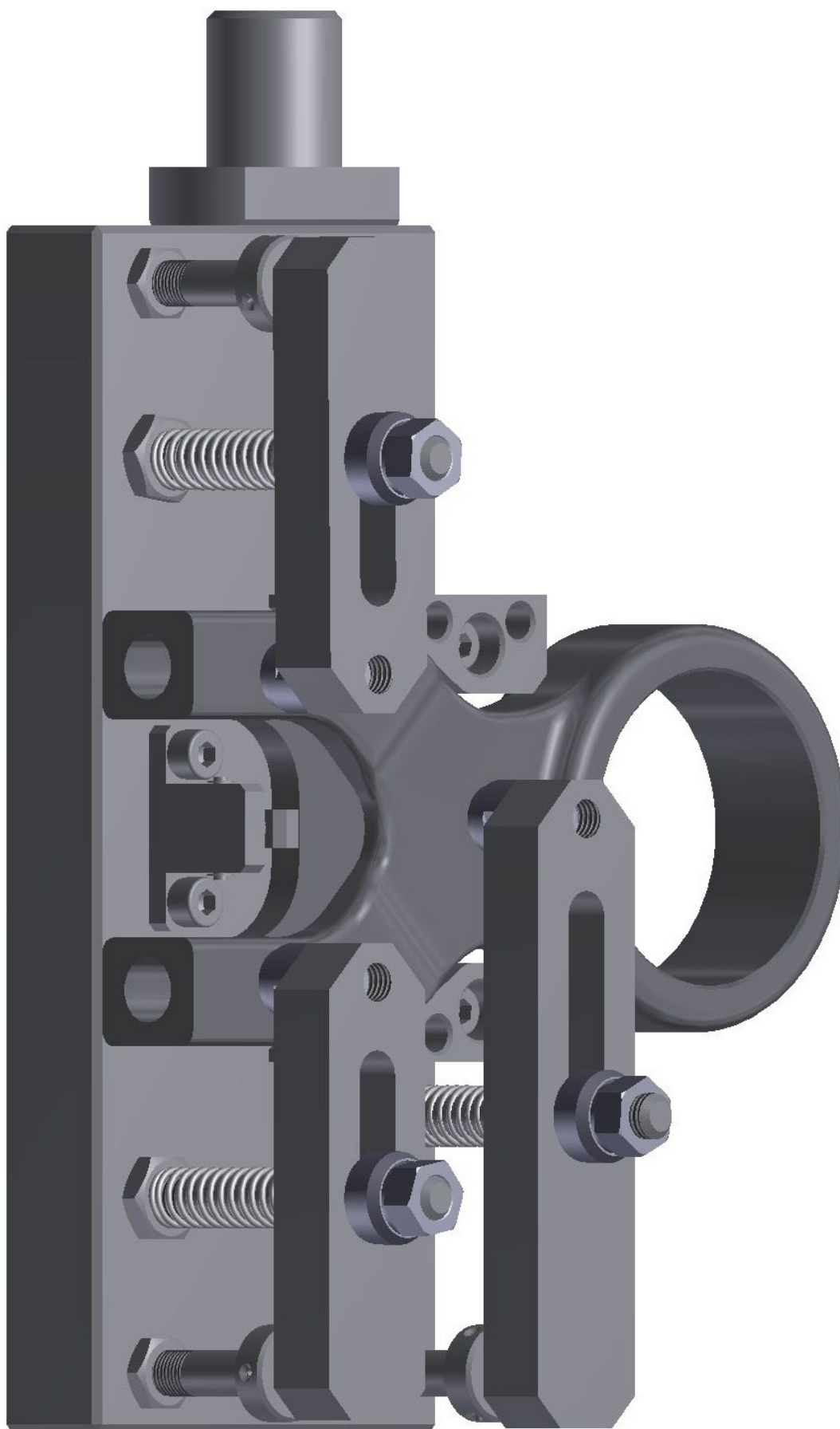
Seznam použitých komponentů:

Tab. 6.2 Seznam použitých komponentů

Pozice	Vizualizace	Název	Počet ks.	Č. výkresu	Hmotnost [kg]	Materiál
Vyráběné součásti – hranatých tvarů						
1		Základová deska	1	vic139-1	10,279	11 523 (1.0553)
2		Doraz 1	1	vic139-2	0,303	19 312 (1.2842)
3		Doraz 2	1	vic139-3	0,303	19 312 (1.2842)
4		Upínka krátká	2	vic139-4	0,503	11 500 (1.0050)
5		Upínka dlouhá	1	vic139-5	0,68	11 500 (1.0050)
6		Základna přidržovače	1	vic139-6	0,086	11 600 (1.0060)

7		přidržovač	1	vic139-7	0,016	19 312 (1.2842)
Vyráběné součásti – rotačních tvarů						
10		Šroub k upínce	3	vic139-8	0,105	14 240 (1.5067)
11		Podpěrný šroub M12x1,25	3	vic139-9	0,080	19 312 (1.2842)
12		Čep do sklíčidla	1	vic139- 10	0,486	19 312 (1.2842)
13		Prstenec pro nastavení	3	vic139- 11	0,027	11 600 (1.0060)
14		Čep přidržovače	1	vic139- 12	0,003	11 600 (1.0060)
Normalizované díly						
17		Šroub M10x55	1	-----	0,046	-----
18		Šroub M8x35	2	-----	0,021	-----
19		Šroub M8x16	2	-----	0,013	-----
20		Stavěcí Šroub M3x8	9	-----	0,000	-----
21		Kolík ø8x30	6	-----	0,011	-----

22		Kolík ø5x12	2	-----	0,002	-----
23		Matice M12	3	-----	0,014	-----
24		Matice M12x1,25	3	-----	0,009	-----
25		Podložka 13	3	-----	0,009	-----
26		Pojistný kroužek 3,2	2	-----	0,000	-----
Speciální nakupované díly						
29		Pružina TL1,6x17,6x60 x10,5	3	-----	0,013	Fevos
30		Pružina TL 0,8x4,8x12x8,5	1	-----	0,000	Fevos
31		Podpěra ryhovaná M12	3	-----	0,021	Halder
32		Podpěra výkyvná M12	3	-----	0,006	Halder
33		Matice výkyvná M12	3	-----	0,005	Halder



Obr. 6.16 Speciální obráběcí přípravek AR06/1012

7. Kalkulace přípravku

V této kapitole se budu zabývat kalkulací navrženého přípravku. Na cenu přípravku má velký vliv technologičnost konstrukce, technologický postup, množství využitých normalizovaných dílů, přesnost a rozměry obrobku. S rostoucím počtem použitých normalizovaných a typizovaných součástí nám klesá pracnost konstrukce a zkracuje se i výroba přípravku. Také se tím usnadňuje jeho výroba v nářad'ovnách a dochází k snížení výrobních nákladů na realizaci obráběcího přípravku.

V tabulce 7.1, která se nachází na následující straně, můžeme vidět kompletní rozbor kalkulace jednotlivých položek potřebných pro výrobu a sestavení navrženého obráběcího přípravku.

V horní části tabulky jsou rozepsány jednotlivé položky, které je nutno vyrobit, koupit, nebo jsou nezbytné pro výrobu přípravku jako je montáž, kontrola a jiné. Řazení položek je provedeno stejným způsobem jako v tabulce 6.2. Nejdříve jsou uvedeny vyráběné součásti hranatých tvaru, rotačních tvarů a následně úkony jako je montáž, kontrola a konstrukce. U každé položky máme napsanou pozici položky a množství vyráběných kusů. Číslo položky je shodné s výkresem sestavy.

V levé části tabulky můžeme vidět seznam technologických operací, které mohou být, nebo jsou použity pro výrobu jednotlivých součástí. Nachází se zde operace od přípravy materiálu, soustružení, frézování, broušení, povrchové úpravy, jiskření, až k dokončovacím operacím.

Ke každé technologické operaci použité při výrobě, je uvedena délka trvání operace a z těchto časů jsou následně kalkulovány ceny jednotlivých součástí. K těmto cenám se musí přičíst nákupní cena materiálu. Výsledná cena je dále navýšena o 10%, které slouží k pokrytí případných nepřesností při kalkulaci ceny jednotlivých položek.

BRAND
SBU - TOOLS

Firma: SBU ZZ										CESTÁ KONSTRUKČNÍ NIKONSTRUKCE NAJORDAJ VICHAPRAVY/2013-1 CESTÁ TECHNOLOGIE NTechologie1 PREDKALKULACE/2013/04-12 P LESAK JSI										
Název výrobku:		Připraven																		
Počet kusů:		1 ks																		
Číslo výrobku:		2013-1																		
Konto:																				
Konstruktér:		Ondřej Vicha																		
Zpracoval:		Ondřej Vicha																		
Datum:		12.4.2013																		
CISLO POZICE				ZÁKLADOVÁ DESKA																
POČET KUSU																				
OPERACE-PROFES	KOD	CELK.HOD.	CELK.MIN.	1	2	3	4	5	6	7		10	11	12	13	14				
Příprava materiálů	010	1,2	72	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1				
Další materiál	015	0	0																	
Soustružení M	020	8,25	495									1,75	1,75	2	1,75	1				
Soustružení V	021	0	0																	
CNC soustruh	025	0	0																	
Fraz hrábě	030	0	0																	
Fraz hrábě	042	5,5	330				1,5	0,75	1					0,75	1,5					
Friez jemná	045	0	0																	
Friez nátl.hrany	046	3,75	225	0,75	0,75	0,75			0,75	0,75										
CNC centum	048	225	0																	
Obtáč. svislé	050	0	0																	
Broušení hrubé	090	0	0																	
Broušení jemné	100	4,25	255	0,5	0,75	0,75			1,25	0,5						0,5				
Broušení kulaté	110	0	0																	
Broušení kulaté	112	0	0																	
Souřad. středem	113	0	0																	
Ostř.+gum.+leštění	120	0	0																	
Pasovka	130	0	0																	
Svárování	140	0	0																	
Kalení	150	1,25	75	0,25	0,25				0,25	0,25						0,25				
Liskření	160	0	0																	
SH 100-elroz vrt.	161	0	0																	
Diatová pila	165	3,75	225	1	0,75	0,75			1,25											
Leštění	210	0	0																	
Nástroj+Pomocník	230	7,75	465	0,5	0,5	0,5	0,75	0,5	0,5	0,5				0,5	0,5					
Zámečnick	250	0	0																	
Elektromechanik	255	0	0																	
Kontrolní práce	500	3	180															3		
Zkoušení nástroje	600	0	0																	
Součet hodin		38,70	2322	2,85	3,10	3,10	2,35	1,35	5,10	2,10	0,00	1,85	1,85	3,35	3,85	1,85	3,00	0,00	3,00	
Cena kooperace, konstrukce:																				
Cena normálji:																				
Cena materiálů:				420 Kč	35 Kč	35 Kč	90 Kč	55 Kč	65 Kč	40 Kč		75 Kč	65 Kč	85 Kč	35 Kč	20 Kč				
součet přímých nákladů:				420 Kč	35 Kč	35 Kč	90 Kč	55 Kč	65 Kč	40 Kč	0 Kč	75 Kč	65 Kč	85 Kč	35 Kč	20 Kč	0 Kč	500 Kč	0 Kč	4 000 Kč
Práce kov.	Kč																			
Práce CNC	Kč																			
Práce elektroer.	Kč																			
Cena celkem		22 900 Kč									0									
NAVYŠENÍ				10%																
Cena cel. po navyš.		25 190 Kč		2 090	1 760	1 760	1 210	660	2 750	1 210	0	990	880	1 650	1 760	880	1 320	550	0	

Jak můžeme vyčíst z tabulky 7.1 celkový čas výroby a úkonů spojených s konstrukcí je 38,7 hod. Což je 2322 min. Nejdelší čas technologické operace je 8,25 hodin a to na pracovišti soustružení M (kód 020), druhá nejdelší operace je nástrojář – pomocník (kód 230) celkový čas strávený na tomto pracovišti je 7,75 hod.

- celková cena použitého materiálu je 1020 Kč,
- cena za typizované a normalizované součásti je 500 Kč,
- cena kooperace, konstrukce je 4000 Kč.

Po vynásobení jednotlivých časů výroby koeficientem hodinové sazby stroje, na kterém jsou dané operace prováděny, získáme cenu jednotlivých vyráběných součástí. Z důvodu vnitropodnikové politiky společnosti BRANO a.s. jsou tyto sazby využity při výpočtu ceny přípravku, ale v tabulce 7.1 jsou z důvodů utajení vymazány.

Celková cena přípravku je: 22 900 Kč

Tuto cenu je nutno ještě navýšit koeficientem o 10%.

Tab. 7.2 Rozpis cen jednotlivých položek s 10% přírážkou.

	Základová deska	Doraz 1	Doraz 2	Upínka kr.	Upínka dl.	Základna přídržovače	Přídržovač	Šroub upínky	Podpěrný šroub	Čep do sklíčidla	Prstenec	Čep přídržovače	Montáž	Normálie	Kontrola	Konstrukce
Cena po navýšení	2090 Kč	1760 Kč	1760 Kč	1210 Kč	660 Kč	2750 Kč	1210 Kč	990 Kč	880 Kč	1650 Kč	1760 Kč	880 Kč	1320 Kč	550 Kč	1320 Kč	4400 Kč
Celkem:	25 190 Kč															

Celková cena po navýšení: 25 190 Kč

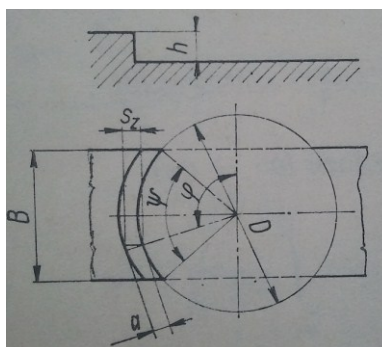
8. Výpočty řezných sil.

Řezné a jiné síly působící na obrobek během obrábění nesmí obrobek odtrhnout od opěrných prvků a ani jinak ho deformovat. Není také dobré, aby tyto síly vyvolávaly případné chvění, neboť jeho účinkem dochází ke zhoršení kvality povrchu, nástroje i stroje.

Při návrhu upínání je třeba přihlížet k silám, které má přípravek zachytit. Při obrábění se jedná zejména o síly řezné. Mezi vnější síly, které jsou důležité pro návrh upnutí, patří zejména hlavní složka řezné síly, síly posuvové, popřípadě jejich momenty. Směr a velikost řezných sil nám určuje i velikost a směr sil upínacích. Při obrábění často dochází ke změnám velikosti řezných sil a to vlivem proměnlivé třísky řezu, opotřebením nástroje apod. Velikost řezné síly závisí na materiálu, který se obrábí ale i na podmínkách obrábění. Otupení nástroje může zvětšit řezné síly o 10, 30 i více %. U některých způsobů obrábění mají řezné síly podobu rázových sil.

Výpočty řezných sil úsek 1 a 2.

U úseku č 1 a 2 se jedná o čelní frézování. Typ použité frézy je 80A08R-S45HN09C-C. Z označení vyplývá, že se jedná o frézu $\varnothing 80$ mm s osmi vyměnitelnými břitovými destičkami. Nástroj bude působit na obrobek výpočetní silou F_{vp} ve směru posuvu.



Obr. 8.1 Schéma čelní frézování [10]

Řezná složka F_c :

$$F_c = c_c * h^{n_c} * sz^{m_c} * \sin^{m_c} \quad (8.1)$$

Kde: c_c, m_c, n_c – konstanty a exponenty,
 h ... hloubka řezu,
 sz ... posuv na zub,
 $\sin \varphi$... polohový uhel.

Hodnoty exponentů a konstant pro čelní frézování: [8]

$$c_c = 3300$$

$$m_c = 0,94$$

$$n_c = 0,80$$

$$\sin \varphi = 2 * \sqrt{\frac{B}{C} - \frac{B^2}{C^2}} = 2 * \sqrt{\frac{15}{80} - \frac{15^2}{80^2}} = 0,7806 \quad (8.2)$$

Kde: B ... šířka záběru,
C ... průměr frézy.

Řezná složka F_c :

$$F_c = 3300 * 2^{0,8} * 0,15^{0,94} * 0,7806^{0,94} = \underline{765N}$$

Výpočetní síla F_{vp} :

$$F_{vp} = q_1 * q_2 * F_c \quad (8.3)$$

$$F_{vp} = 1,4 * 2 * 765 = \underline{2142N}$$

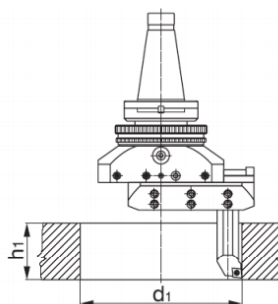
Kde: q_1 ... rázový součinitel. Dle tab. 8.1 pro frézování $q_1 = 1,4$
 q_2 ... bezpečnostní součinitel $q_2 = 2$

Tab. 8.1 Rázový součinitel q_1

Rázový součinitel (q_1)	Operace
1,2	Soustružení, vrtání
1,4	Frézování, broušení
1,6	Hoblování
1,8	Obrázení

Výpočty řezných sil úsek 3.

Úsek č. 3 - obrábění velké díry $\varnothing 81$ H7. Jako nástroj použijeme přesnou vyvrtávací hlavu typ 205bh. Jelikož princip obrábění je podobný jako u soustružení. Využijí pro výpočet řezných sil vztahy pro soustružení.



Obr. 8.2 Schéma vyvrtávací hlavy [9]

Při soustružení působí na nástroj výsledná síla soustružení F , která se rozkládá na tři složky. A to F_c , F_p a F_f .

Parametry obrábění:

$$a_p = 0,2 \text{ mm}$$

$$f = 0,08$$

Experimentálně ověřené rovnice pro výpočet jednotlivých složek sil:

$$F_c = C_c * a_p^{x_c} * f^{y_c} \quad (8.4)$$

$$F_p = C_p * a_p^{x_p} * f^{y_p} \quad (8.5)$$

$$F_f = C_f * a_p^{x_f} * f^{y_f} \quad (8.6)$$

Tab. 8.2 Hodnoty konstant a exponentu pro výpočet složek síly při soustružení

soustružení	F_c			F_p			F_f		
	C_c	x_c	y_c	C_p	x_p	y_p	C_f	x_f	y_f
	2500	1	0,75	2120	0,9	0,75	1875	1,2	0,65

$$F_c = 2500 * 0,2^1 * 0,08^{0,75} = \underline{75,21 N}$$

$$F_p = 2120 * 0,2^{0,9} * 0,08^{0,75} = \underline{74,92 N}$$

$$F_f = 1875 * 0,2^{1,2} * 0,08^{0,65} = \underline{52,49 N}$$

Výsledná síla F :

$$F = \sqrt{F_c^2 + F_p^2 + F_f^2} \quad (8.7)$$

$$F = \sqrt{75,21^2 + 74,92^2 + 52,49^2} = \underline{118,43 \text{ N}}$$

Výpočetní síla F_{vp} :

$$F_{vp} = q_1 * q_2 * F \quad (8.3)$$

$$F_{vp} = 1,2 * 2 * 118,43 = \underline{284,2 \text{ N}}$$

Výpočty řezných sil úsek 4.

Úsek č. 4 - zarovnat čelo na délku $185 \pm 0,3 \text{ mm}$ (vzdálenost čela do osy velké díry).
Nástroj využijeme stejný jako u úseku 1 a 2. Čelní frézu typ 80A08R-S45HN09C-C. Nástroj bude působit na obrobek výpočetní silou F_{vp} ve směru posuvu.

Výpočet bude podobný jako u operace 1 a 2.

$$\sin \varphi = 2 * \sqrt{\frac{B}{C} - \frac{B^2}{C^2}} = 2 * \sqrt{\frac{33}{80} - \frac{33^2}{80^2}} = 0,9846 \quad (8.2)$$

Řezná složka F_c :

$$F_c = c_c * h^{nc} * sz^{mc} * \sin^{mc} \varphi \quad (8.8)$$

$$F_c = 3300 * 2^{0,8} * 0,15^{0,94} * 0,9846^{0,94} = \underline{951,76 \text{ N}}$$

Výpočetní síla F_{vp} :

$$F_{vp} = q_1 * q_2 * F_c \quad (8.3)$$

$$F_{vp} = 1,4 * 2 * 951,76 = \underline{2664 \text{ N}}$$

Výpočty řezných sil úsek 5.

Úsek č. 5 - Vrtat díry $\varnothing 14$ mm do hloubky 72 mm. Vrták $\varnothing 14$ mm typ 305DA. Při vrtání jsou složky řezné síly rozloženy v hranách vrtáku. Výsledné síly při vrtání se rozkládají do jednotlivých směrů, viz obr. 8.3. Složka řezné síly F_c působí přibližně na rameni $D/4$ a vyvolává krouticí moment M_k .

Řezná složka F_c :

$$F_c = p * \frac{f}{2} * \frac{D}{2} \quad (8.9)$$

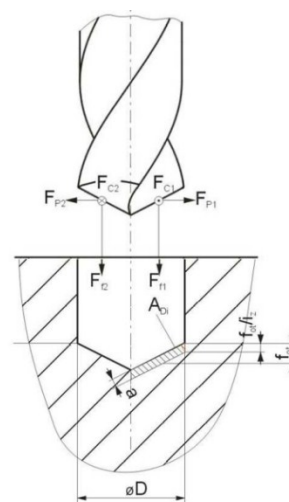
$$F_c = 3300 * \frac{0,2}{2} * \frac{14}{2} = \underline{2310 \text{ N}}$$

Kde: p ... měrný řezný odpor,
 f ... posuv,
 D ... \varnothing vrtáku.

Krouticí moment M_k :

$$M_k = F_c * \frac{D}{2} \quad (8.10)$$

$$M_k = 2310 * \frac{14}{2} = \underline{16170 \text{ Nm}}$$



Obr. 8.3. Vrtání do plného materiálu [11]

Posuvová složka síly F_f :

$$F_f = c_f * D^{x_f} * s^{y_f} \quad (8.11)$$

$$F_f = 831 * 14^1 * 0,7^{0,7} = \underline{9063 \text{ N}}$$

Tab. 8.3 Hodnoty konstant a exponentu pro výpočet posuvové složky při vrtání

Vrtání	F_f		
	c_f	x_f	y_f
Ocel	831	1,0	0,7

Výpočetní síla F_{vp} :

$$F_{vp} = q_1 * q_2 * F_c \quad (8.3)$$

$$F_{vp} = 1,2 * 2 * 2310 = \underline{5544 \text{ N}}$$

Výpočty řezných sil úsek 6.

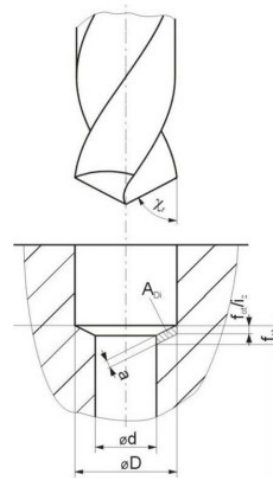
Úsek č. 6 – Vrtat díry $\varnothing 17$ mm do hloubky 36 mm. Vrták $\varnothing 17$ mm typ 305DA. Tato operace je téměř totožná s operací č. 5, proto i výpočet bude obdobný. Hlavní rozdíl mezi těmito operacemi je ten, že u úseku č. 5 bylo vrtání prováděno do plného materiálu a u operace č. 6 je vrtáno do již předvrtané díry $\varnothing 14$ mm.

Řezná složka F_c :

$$F_c = p * \frac{f}{2} * \frac{D - d}{2} \quad (8.12)$$

$$F_c = 3300 * \frac{0,2}{2} * \frac{17 - 14}{2} = \underline{495 \text{ N}}$$

Kde: p ... měrný řezný odpor,
 f ... posuv,
 D ... \varnothing vrtáku,
 d ... \varnothing předvrtané díry.



Obr. 8.4 Vrtání do předvrtaného otvoru [11]

Krouticí moment M_k :

$$M_k = F_c * \frac{D - d}{2} \quad (8.13)$$

$$M_k = 495 * \frac{17 - 14}{2} = \underline{742,5 \text{ Nm}}$$

Výpočetní síla F_{vp} :





$$F_{vp} = q_1 * q_2 * F_c \quad (8.3)$$

$$F_{vp} = 1,2 * 2 * 495 = \underline{1188 \text{ N}}$$

9. Výpočet upínacích sil

Upnutí je spolehlivé zajištění polohy ustaveného obrobku či nástroje během výroby. Upínacím prvkem v našem případě je soustava tří upínek, které nám plní funkci hlavního upínání. Zajišťují polohu obrobku v přípravku a zabráňují odtržení obrobku od opěrných elementů vlivem působení zejména řezných sil.

Tab. 9.1. Hodnoty koeficientu tření vybraných případů [13]

Tab. 9.1. Hodnoty koeficientu tření vybraných případů				
Dotykové plochy		Obrobku	Súčiniteľ trenia pri obrobnku	
Přípravku			ocelovom	liatinovom
S ostrým hrotom		Neobrobené	0,80 a viac	-
S malými ploškami		Hrubo obrobené nad 3,2 μm	0,40 - 0,50	-
Hladké ryhované		Hrubo obrobené nad 3,2 μm	0,20 - 0,24	0,18 - 0,22
Hladké ryhované		Hrubo obrobené nad 3,2 μm	0,18 - 0,24	0,16 - 0,21
Hladké	suché	neobrobené	0,27 - 0,32	0,24 - 0,27
Hladké	suché	Hrubo obrobené nad 3,2 μm	0,18 - 0,23	0,15 - 0,19
Hladké	mazané	Hrubo obrobené nad 3,2 μm	0,16 - 0,18	0,14 - 0,18
Hladké	suché	Jemne obrobené pod 3,2 μm	0,18 - 0,20	0,16 - 0,18
Hladké	mazané	Jemne obrobené pod 3,2 μm	0,16 - 0,20	0,14 - 0,16

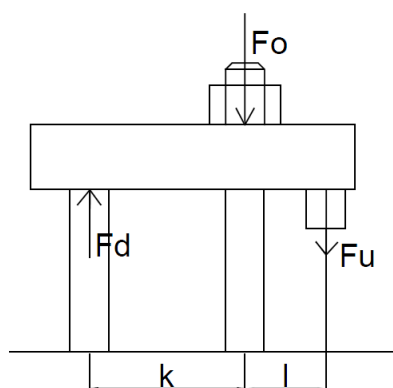
Obrobek je zabezpečen proti posunutí i působícími třecími silami a to nejen silami mezi obrobkem a upínacím elementem, ale také mezi obrobkem a opěrnými plochami. V našem případě jsme použili opěrné i upínací elementy s rýhovanými plochami viz kapitola 6.3. A proto volím v našem případě koeficient tření vysoký $\mu=0,8$. Viz tabulka 9.1.

Z technických dat firmy Halder volím tyto hodnoty: [12]

Šroub M12 x 1,75 pevnostní třídy 8.8

Přípustné předpětí při 90% využití hodnoty meze v tahu a koef. tření $\mu=0,14$ je **38 kN**.

Potřebný utahovací moment pro přípustné předpětí a koeficient tření je **82 Nm**.



Obr. 9.1. Schéma upínky

$$F_o = 38 \text{ kN}$$

Fu vypočteme z momentové věty pro dlouhou upínku:

$$\text{Kde: } k = 66 \text{ mm} \\ l = 74 \text{ mm}$$

$$F_o * k = F_u * (k + l) \quad (9.1)$$

$$F_{u_{dl.}} = \frac{F_o * k}{(k + l)} = \frac{38000 * 66}{66 + 74} = \underline{17,9 \text{ kN}}$$

Fu vypočteme z momentové věty pro krátkou upínku:

$$\text{Kde: } k = 45 \text{ mm} \\ l = 53 \text{ mm}$$

$$F_o * k = F_u * (k + l) \quad (9.1)$$

$$F_{u_{kr.}} = \frac{F_o * k}{(k + l)} = \frac{38000 * 45}{45 + 53} = \underline{17,4 \text{ kN}}$$

Výsledná upínací síla:

$$F_u = 2 * F_{u_{kr.}} + F_{u_{dl.}} = 2 * 17,4 + 17,9 = \underline{52,7 \text{ kN}} \quad (9.2)$$

Při porovnání řezných sil u jednotlivých operací a výsledné upínací síly 52,7 kN usuzuji, že upínání obrobku v přípravku je předimenzováno. A proto další výpočty nebudu provádět.

10. Závěr

V diplomové práci jsem se zabýval kompletním návrhem a tvorbou výkresové dokumentace speciálního obráběcího přípravku pro firmu BRANO a.s. Zadavatel zakázky dal požadavek na výrobu tělesa řízení (Lenkerkörper) s číslem výkresu 6504460101. Jedná se o výkovek z materiálu 42CrMo4 + QT o hmotnosti 3kg. Dle požadavků oddělení SBU TOOLS mají být všechny obráběcí operace provedeny na jedno upnutí, což je jeden z hlavních ovlivňujících hledisek pro samotný návrh přípravku. Objem výroby je stanoven na 500 ks za rok.

V teoretické části diplomové práce jsem se zabýval základním přehledem o přípravech. V této kapitole můžeme najít rozdělení, zásady konstrukce, volbu materiálu, informace o pevných opěrných prvcích a mechanickém upínacím zařízení.

Praktická část práce se zabývá samotným návrhem obráběcího přípravku. Před samotným navrhováním je potřeba si vytvořit technologický postup viz kapitola 5. Celý technologický postup je rozdělen do sedmi po sobě jdoucích úseků. Obrábění bude probíhat na obráběcím stroji firmy Kovosvit MAS typ MCV 754 QUICK. Abychom byli schopni výkovek tělesa řízení opracovat na jedno upnutí, je potřeba použít dělicí zařízení. S jeho využitím jsme schopni otáčet přípravek o 360° a tímto si ho nastavit do požadované polohy. Pro přesné a opakovatelné upnutí obrobku v přípravku využívám tři pevných opěrných čepů a dvou tvarových segmentů, na které je obrobek dotlačován. Pro pevnější upnutí jsou opěrné čepy opatřeny rýhováním. Tímto usazením odstraníme všech 6 stupňů volnosti. Proti čepům nám působí tři upínky, které jsou opět osazeny opěrnými prvky s rýhováním tentokrát výkyvnými pro lepší dosednutí k obrobku. Podrobný popis ustavení naleznete v kapitole 6.3. Aby bylo možno přípravkem v dělicím zařízení otáčet dle požadavků výroby, nesmí žádná součást přípravku ani obrobek přesahovat kritickou mez 160 mm od osy přípravku (dělicího zařízení). Při otáčení nesmí dojít ke kontaktu přípravku s obráběcím stolem.

Cenová kalkulace navrženého přípravku byla provedena oddělením SBU – TOOLS. Po navýšení 10% je celková cena 25 190 Kč. V poslední části práce jsem se zabýval výpočtem řezných sil u jednotlivých výrobních úseků. Při porovnání vypočtených řezných sil s vypočtenou upínací silou vyvolanou třemi upínkami jsem dospěl k závěru, že upnutí přípravku je předimenzováno. Uvolnění vlivem působících řezných sil nehrozí.

Celá tato diplomová práce je tvořena se spoluprací s firmou BRANO a.s., která tento návrh může použít ve výrobě, nebo ho jinak využít pro svou potřebu.

Použitá literatura

- [1] CHVÁLA, Břetislav a Josef VOTAVA. *Přípravky*. Praha: SNTL, ALFA, 1988, 276 s.
- [2] MRKVICA, Miloš. *Přípravky a obráběcí nástroje: II. díl přípravky*. Ostrava, 1988.
- [3] ZEMČÍK, Oskar. *Nástroje a přípravky pro obrábění*. Brno: CERM s.r.o., 2003. ISBN 80-214-2336-6.
- [4] DUŠÁK, Karel. *Obráběcí přípravky*. Liberec: TU v Liberci, 2007, 185 s. ISBN 978-80-7372-260-9.
- [5] KARLÍK, Aleš. Vertikální obráběcí centrum MCV 754 QUICK. Dostupné z: <http://novinky.strojnet.cz/clanek/32/>
- [6] Ocel 42CrMo4-QT. [online]. [cit. 2013-04-26]. Dostupné z: <http://www.mk-handel.de/42crmo4-qt.html>
- [7] HALDER, Erwin. *Katalog HALDER: normované díly*. Germany.
- [8] BILÍK, Oldřich. *Obrábění II. 1. díl: Fyzikálně mechanické zákonitosti procesu obrábění*. Ostrava, 1994, 138 s. ISBN 80-7078-228-5.
- [9] Základní operace s vyvrtávací hlavou univerzální Vhu: Narex. [online]. s. 1 [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: http://www.narexmte.cz/usnadneni/cz_vhu_zakladni_operace.pdf
- [10] PŘIKRYL, Zdeněk a Rosa MUSÍLKOVÁ. *Teorie obrábění*. 3. opravné vydání. Praha: SNTL, 1982, 240 s.
- [11] JERSÁK, Jan. Technologie III. - Obrábění: Základní konvenční technologie obrábění. [online]. 1012 [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: http://www.kvs.tul.cz/download/educum/MZ04/VY_03_065.pdf
- [12] Halder: Technická data. [online]. [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: <http://www.halder.de/>
- [13] Nástroje a přípravky: Přípravky I. část. [online]. Bratislava [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: [http://www.kvt.sjf.stuba.sk/WEB/prednaskyVS/Pripravky_1%20\(VyrStroj\).pdf](http://www.kvt.sjf.stuba.sk/WEB/prednaskyVS/Pripravky_1%20(VyrStroj).pdf)

Seznam obrázků

Obr 1.1 Model výkovku s označením obráběných ploch (červeně)	11
Obr 4.1 Opěrnými body vymezený prostor	17
Obr 4.2 opěrky pevné [3]	17
Obr 4.3 Různá uspořádání upnutí [1]	18
Obr 4.4 Varianty upínacích prvků [4]	19
Obr. 6.1 Obráběcí stroj MCV 754 QUICK [5]	24
Obr 6.2 Dělicí zařízení s označením výšky osy	24
Obr 6.3 Ocel 42CrMo4-QT [6]	25
Obr. 6.4 Rýhovaná podpěra [7]	26
Obr. 6.5 Ustavovací tvarový segment	26
Obr. 6.6 zařízení pro dotlačení obrobku	27
Obr. 6.7 Přípravek se zvýrazněnými dosedacími plochami	27
Obr 6.8 Působení upínek vůči opěrným čepům	28
Obr. 6.9 Opěrka výkyvná rýhovaná [7]	28
Obr. 6.10 Přípravek před usazením obrobku	29
Obr. 6.11 Přípravek po usazení obrobku	29
Obr. 6.12 Přípravek po upnutí obrobku	29
Obr. 6.13 Zvýraznění upínacích prvků	30
Obr 6.14 Vymezení prostoru pro otáčení přípravku	31
Obr. 6.15 Schématické znázornění upnutí přípravku v dělicím zařízení	31
Obr. 6.16 Speciální obráběcí přípravek AR06/1012	36
Obr. 8.1 Schéma čelní frézování [10]	40
Obr. 8.2 Schéma vyvrtávací hlavy [9]	42
Obr. 8.3. Vrtání do plného materiálu [11]	44
Obr. 8.4 Vrtání do předvrtaného otvoru [11]	45
Obr. 9.1. Schéma upínky	47

Seznam tabulek

Tab. 3.1 Katalog výrobků	12
Tab. 5.1 technologický postup	20
Tab. 6.1 Chemické složení oceli	25
Tab. 6.2 Seznam použitých komponentů	33
Tab. 7.1 kalkulace přípravku	38
Tab. 7.2 Rozpis cen jednotlivých položek s 10% přírážkou	39
Tab. 8.1 Rázový součinitel q_1	41
Tab. 8.2 Hodnoty konstant a exponentu pro výpočet složek síly při soustružení	42
Tab. 8.3 Hodnoty konstant a exponentu pro výpočet posuvové složky při vrtání	44
Tab. 9.1. Hodnoty koeficientu tření vybraných případů	46

Seznam příloh

Číslo přílohy	Název	Poznámka
Příloha A	Výrobní výkres tělesa řízení	
Příloha B	Zadání práce	
Příloha C	Výkresová dokumentace přípravku	
Příloha C č. 1	Sestava přípravku	vic139-0
Příloha C č. 2	Základová deska	vic139-1
Příloha C č. 3	Doraz 1	vic139-2
Příloha C č. 4	Doraz 2	vic139-3
Příloha C č. 5	Upínka krátká	vic139-4
Příloha C č. 6	Upínka dlouhá	vic139-5
Příloha C č. 7	Základna přidržovače	vic139-6
Příloha C č. 8	Přidržovač	vic139-7
Příloha C č. 9	Šroub k upínce	vic139-8
Příloha C č. 10	Podpěrný šroub M12x1,25	vic139-9
Příloha C č. 11	Čep do sklíčidla	vic139-10
Příloha C č. 12	Prstenec pro nastavení	vic139-11
Příloha C č. 13	Čep přidržovače	vic139-12